

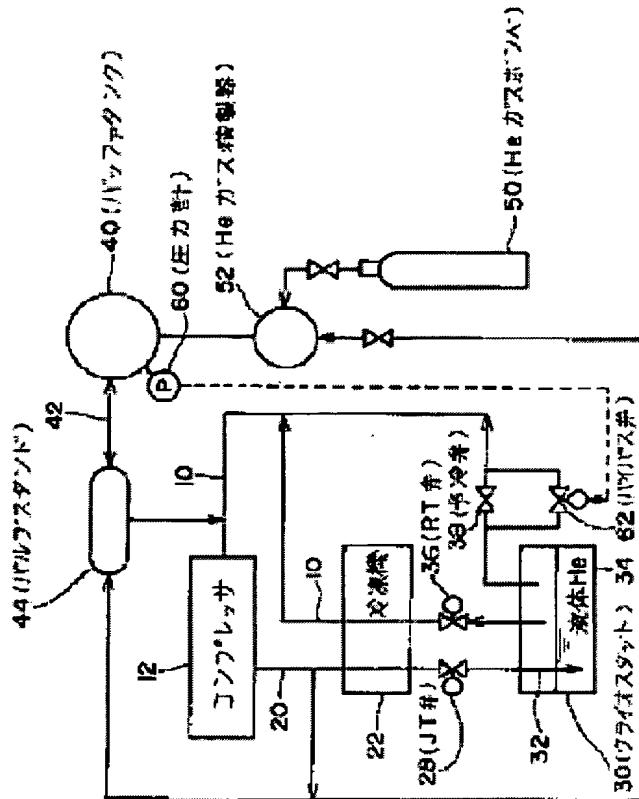
METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING HELIUM LIQUEFYING DEVICE

Patent number: JP2000274852
Publication date: 2000-10-06
Inventor: MATSUBARA YUJI
Applicant: SUMITOMO HEAVY IND LTD
Classification:
 - **international:** F25B9/02
 - **European:**
Application number: JP19990083006 19990326
Priority number(s):

Abstract of JP2000274852

PROBLEM TO BE SOLVED: To raise a pressure of a low-pressure line and to prevent stopping of a compressor due to a drop of a pressure of a buffer tank by providing a bypass valve for detouring a helium gas in a cryostat through a precooling valve to return the gas to the compressor when a pressure of the tank is lowered.

SOLUTION: A helium gas pressurized by a compressor 12 is cooled and liquefied by a refrigerator 22, the gas is misted by means of a Joule-Thomson valve 28, and supplied to a cryostat 30 for cooling a material to be cooled. The gas warmed in the cryostat 30 is returned to the refrigerator 22 through a return valve 36. In this case, a bypass valve 62 for detouring a part of the gas through a precooling valve 36 to the compressor when a pressure of a buffer tank 40 provided to store the excess helium gas is lowered is provided. Thus, capability of the refrigerator 22 is lowered, and a pressure of a low pressure line 10 is raised, thereby preventing lowering of the compressor 12.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Patent Abstracts of Japan

(51)Int.Cl.⁷

F 25 B 9/02

識別記号

F I

F 25 B 9/02

テマコード(参考)

J

C

審査請求 有 請求項の数2 O.L (全7頁)

(21)出願番号 特願平11-83006

(71)出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(22)出願日 平成11年3月26日 (1999.3.26)

(72)発明者 松原 雄二

東京都田無市谷戸町二丁目1番1号 住友
重機械工業株式会社田無製造所内

(74)代理人 100080458

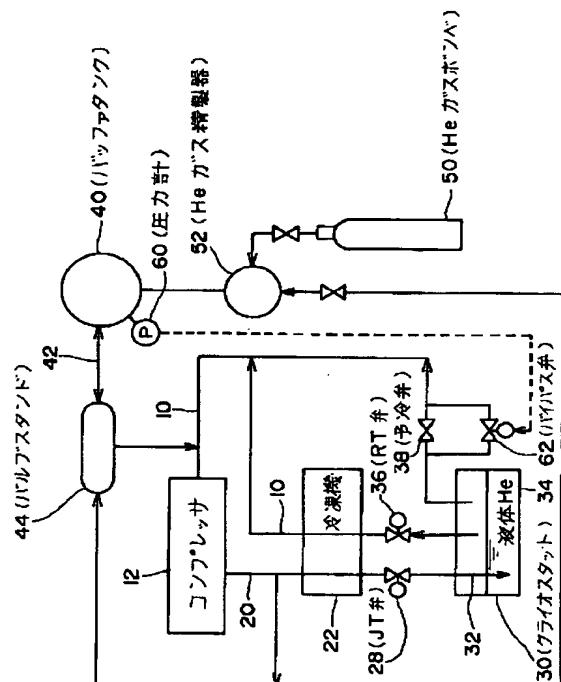
弁理士 高矢 諭 (外2名)

(54)【発明の名称】 ヘリウム液化装置の制御方法及び装置

(57)【要約】

【課題】 バッファタンクの容量を大きくしたり、圧力を高くすることなく、バッファタンク圧力低下によるコンプレッサの停止を防止する。

【解決手段】 バッファタンク40の圧力が低下した時に、予冷弁38をバイパスしてクライオスタット30内のヘリウムガスを、リターン弁36及び冷凍機22を介すことなく、コンプレッサ12に直接戻すためのバイパス弁62を設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】低圧のヘリウムガスを加圧するためのコンプレッサと、該コンプレッサにより加圧されたヘリウムガスを液体ヘリウム温度まで冷却するための冷凍機と、該冷凍機により冷却されたヘリウムガスをミスト化して、被冷却物を冷却するためのクライオスタットに供給するジュール・トムソン弁と、前記クライオスタットに貯液され、被冷却物との熱交換によって暖められたヘリウムガスを再び前記冷凍機に戻すためのリターン弁と、予冷時に該リターン弁及び冷凍機をバスパスして、ヘリウムガスを前記コンプレッサに戻すための、予冷終了後は閉じられる予冷弁と、液化により減少したヘリウムガスを補給し、過剰となったヘリウムガスを回収するためのバッファタンクとを備えたヘリウム液化装置において、該バッファタンクの圧力が低下した時は、前記クライオスタット内のヘリウムガスの一部を、前記リターン弁及び冷凍機を介することなく、前記コンプレッサに直接戻すことを特徴とするヘリウム液化装置の制御方法。

【請求項2】低圧のヘリウムガスを加圧するためのコンプレッサと、該コンプレッサにより加圧されたヘリウムガスを液体ヘリウム温度まで冷却するための冷凍機と、該冷凍機により冷却されたヘリウムガスをミスト化して、被冷却物を冷却するためのクライオスタットに供給するジュール・トムソン弁と、前記クライオスタットに貯液され、被冷却物との熱交換によって暖められたヘリウムガスを再び前記冷凍機に戻すためのリターン弁と、予冷時に該リターン弁及び冷凍機をバスパスして、ヘリウムガスを前記コンプレッサに戻すための、予冷終了後は閉じられる予冷弁と、液化により減少したヘリウムガスを補給し、過剰となったヘリウムガスを回収するためのバッファタンクとを備えたヘリウム液化装置において、該バッファタンクの圧力が低下した時に、前記予冷弁をバイパスして前記クライオスタット内のヘリウムガスを前記コンプレッサに戻すためのバイパス弁を設けたことを特徴とするヘリウム液化装置の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ヘリウム液化装置の制御方法及び装置に係り、特に、冷凍機を用いたヘリウム液化装置全般に用いるのに好適な、ヘリウム液化装置を用いた極低温機器の安全を確保することが可能な、ヘリウム液化装置の制御方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ヘリウムの液化温度である4.2K以下

の温度を必要とする低温システムには、再凝縮タイプと、ヘリウム液化サイクルを保持するタイプとがある。

【0003】前者は、業者等から購入した液体ヘリウムを機器に挿入して冷却し、蒸発していく液体ヘリウムを、内蔵した小型冷凍機で再凝縮して、機器に対する液体ヘリウムのレベルを維持するものであり、MR1等の医療診断機器等の小型システムに用いられている。

【0004】一方後者は、小、中、大型のプラントタイプであり、自ら液体ヘリウムを作り出す液化装置を備えている。この液化装置においては、ヘリウムが相変化をして、容積が変化するという問題を有する。即ち、システムを構成する配管は、全て金属製であり、全内容積は、いかなる場合においても、ほぼ一定である。又、システム構成上、圧力も一定である。一方ヘリウムは、ガスの状態ではボイル・シャルルの法則に従って、圧力、温度、体積が変化するため、温度変化に応じて、その体積を変えていく。更に、気相から液相に変化する時、その体積は1/700に小さくなる。一方、システムは圧力を維持しなければならないため、システム外部からヘリウムガスを絶えず供給していかなければならない。これらの作業には、人手が必要となり、自動化できないと、昼夜突貫の作業を強いられることが多い。

【0005】図1に、従来のヘリウム液化装置の一例の全体構成を示す。このヘリウム液化装置には、低圧ライン10を介して供給される低圧のヘリウムガスを加圧するためのコンプレッサ12と、該コンプレッサ12により加圧され、高圧ライン20を介して供給される高圧のヘリウムガスを、液体ヘリウム温度まで冷却するための冷凍機22と、該冷凍機22により冷却されたヘリウムをミスト化して、被冷却物（例えば図3に示す超伝導磁石35）が内蔵されたクライオスタット30の下部に注液管32から供給するジュール・トムソン弁（JT弁と称する）28と、前記クライオスタット30の貯液部34に貯液され、被冷却物との熱交換によって暖められたヘリウムガスを、再び前記冷凍機22に戻すためのリターン弁（RT弁と称する）36と、予冷時に該RT弁36及び冷凍機22をバイパスして、ヘリウムガスを低圧ライン10により前記コンプレッサ12に直接戻すための、予冷終了後は閉じられる予冷弁38と、バルブスタンド44に接続された中圧ライン42を介して、該バルブスタンド44の作用により、液化により減少したヘリウムガスを補給し、過剰となったヘリウムガスを回収するためのバッファタンク（中圧タンクとも称する）40と、前記コンプレッサ12出側の高圧ライン20やヘリウムガスボンベ50から供給されるヘリウムガスを精製して、前記バッファタンク40に供給するためのヘリウムガス精製器52とを主に備えている。

【0006】前記冷凍機22は、例えば図2に詳細に示す如く、カスクード接続された、互いに温度が異なる複数（図では3台）の熱交換器24a、24b、24c

と、それらの間に設けられたターピン 26a、26b から主に構成されている。

【0007】前記クライオスタット 30 の入口には、図 3 に詳細に示す如く、低温ガスを熱交換なくクライオスタット 30 に導くためのトランスマスファチューブ 31 や、該トランスマスファチューブ 31 をクライオスタット 30 から引き抜いた時に外気から仕切るための仕切弁 33 が設けられている。

【0008】前記予冷弁 34 は、例えば、互いに並列接続された、手動の仕切弁、及び、圧力が所定値、例えば $0.3 \text{ kg f/cm}^2 \text{ G}$ を超えた時に開かれる背圧調整弁により構成されている。

【0009】又、前記バルブスタンド 44 は、低圧ライン 10 の圧力が所定値、例えば $0.1 \text{ kg f/cm}^2 \text{ G}$ になるように調整するための圧力調整弁と、ヘリウムガスの液化により低圧ライン 10 の圧力が低下した時に、バッファタンク 40 から中圧ライン 42 を介して供給されるヘリウムガスを低圧ライン 10 に補給するための開閉弁と、逆に負荷によりクライオスタット 30 内の液体ヘリウムが過剰に蒸発して低圧ライン 10 の圧力が上昇した時に、過剰なガスを中圧ライン 42 を介してバッファタンク 40 に戻すための開閉弁とを含んで構成されている。

【0010】更に、図示は省略したが、前記コンプレッサ 12 の出側には、ヘリウムガスを圧縮する時に用いる油を除去するための油分離器（ORS と称する）も設けられている。

【0011】このようなヘリウム液化装置をメンテナンス作業等により長期間停止した場合、超伝導磁石 35 の温度は室温近くまで上昇するので、まず、約 15 K 程度まで予備冷却（予冷と称する）する。この予冷過程では、超伝導磁石を構成する様々な有機物からの放出ガスで冷凍機 22 が汚れ、液体ヘリウムをクライオスタット 30 へ貯液するだけの冷凍能力は得られない。従って液体ヘリウムを被冷却物が収容されたクライオスタット 30 の貯液部 34 に貯液して、被冷却物を冷やす際には、まず、高圧ライン 20 にあるコンプレッサ 12 により低圧ライン 10 内のヘリウムガスを圧縮し、例えば $8.2 \text{ kg f/cm}^2 \text{ G}$ まで加圧する。加圧されたヘリウムガスは、図 2 に示したような冷凍機 22 内を通過しながら、多段式の熱交換器 26a～26c による熱交換過程を経て、徐々に冷却されていく。最後に、JT弁 28 を通過することで、霧吹きのように温度 4.4 K の極低温の液体ヘリウムが生成される。JT弁 28 から放出されたミスト状の液体ヘリウムは、トランスマスファチューブ 31 及び注液管 32 を通して、被冷却物（超伝導磁石 35）が収められたクライオスタット 30 に導かれる。注液管 32 によりクライオスタット 30 の下部まで導かれて放出された液体ヘリウムは、被冷却物と熱交換しながら、被冷却物を徐々に冷却していく。具体的には、例え

ば超伝導磁石 35 の下コイルを冷却し、クライオスタットの連結部 30C を通って、超伝導磁石 35 の上コイルを冷却していく。このとき、被冷却物との熱交換によって暖められたヘリウムガスは、予冷弁 38 を通して、再び低圧ライン 10 に戻り、コンプレッサ 12 により再び圧縮され、冷凍機 22 に導かれる。この状態では、コンプレッサ 12 から負荷側へ送り出されるヘリウム流量の例えれば 80% が予冷弁 38 を流れ、残り 20% が RT弁 36 を流れるようになる。

【0012】このような過程を長時間（例えれば 10 日位）繰り返して、系全体が液体ヘリウム温度近くになると、超伝導磁石 35 と熱交換器 24c の温度差が小さくなる。従って、予冷弁 38 を閉じ、RT弁 36 を最大に開いても、熱交換器 24c の温度が上昇することはなく、被冷却物への貯液が可能になる（貯液できる状態までの冷却を予冷と称する）。

【0013】予冷が終了し、系全体が液体ヘリウム温度近くになって、被冷却物への貯液が可能になると、予冷弁 38 を手動により徐々に閉じて、RT弁 36 への戻り流量を増やしていくと、RT弁 36 を介して供給される低温のヘリウムによって冷凍機 22 が冷却され、JT弁 28 へ供給される高圧のヘリウムガスが更に冷却されるため、JT弁 28 を出る直前でのガスの温度の冷却効率が一気に上昇して、JT弁よりミスト状の液体ヘリウムが発生し、液体ヘリウムをクライオスタット 30 へ貯めていくことになる。この状態では、例えば数% が液として溜まり、残り 90% 以上が RT弁 36 を通って冷凍機 22 に戻る。

【0014】予冷時及び液化時の予冷弁 38 及び RT弁 36 の開閉状態を図 4 に示す。

【0015】液化が始まると、0°C 一気圧のヘリウムガスの体積は、4.2 K 一気圧の液体ヘリウムの体積の約 700 倍あるため、バッファタンク 40 のガスが中圧ライン 42 を介して低圧ライン 10 に供給されていき、バッファタンク 40 の圧力が減少していく。

【0016】通常、バッファタンク 40 の圧力が一気圧以下になると、バッファタンクから送り出すガスが無いため、コンプレッサ 12 を構成するモータ等が破損し易くなるので、コンプレッサの安全確保のため、コンプレッサ 12 を停止させるインターロックが働く。

【0017】冷凍機 22 は、温度の異なる熱交換器 24a～24c により構成されているため、一度冷凍機 22 が停止した後、再起動すると、各熱交換器へ付着していた不純ガスが、一段下の熱交換器へと付着し、液化効率を低下させる。従って、再度定常状態に立ち上げるためには、システムの昇温及びガスのクリーニングといった労力と時間を要することになる。

【0018】装置運転時の被冷却物（例えれば超伝導磁石 35 の上コイル）の温度変化状態の一例を図 5 に示す。最初の 5 時間は、別の作業のため、温度が上昇してい

る。再冷却時（5～28時間）は、RT弁36及び予冷弁38にヘリウム戻りガスが流れている。この状態では、コイルの温度が飽和して、温度が12度K以下には下がらない。28時間以降、予冷弁38を閉めることによって、冷凍機22の効率が上昇して、温度が4.2度K付近まで低下している。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】このように、システムが一旦液体ヘリウムを供給できない状態になると、液化作業が終了するまで冷凍機22を停止することができない。従って、この間、人間が休みなく監視し、バッファタンク40へのガス補給作業をしなければならないという問題点を有していた。

【0020】このような問題点を改善するべく、バッファタンク40の容量を大きくすることが考えられるが、システムの見栄えや設置スペースの問題がある。一方、バッファタンク40の圧力を高めることも考えられるが、1MPaを超えると、高圧ガスの法規制を受け、管理が面倒である等の問題点を有していた。

【0021】又、操作ミスや、メンテナンス後の作業にバルブや配管の継ぎ目等の締め忘れがあると、ガスが微量ずつ外部に抜けていくため、知らない間にコンプレッサ12の停止といったことが発生し得る。通常は、バッファタンク40の圧力が、ある設定値を下回った場合に警報を出したり、自動ガス供給システム等で、トラブルを補うようにしている。この方法は、比較的大きなシステムには有効であるが、小、中規模のシステムでは、コストがかさむという問題点を有していた。

【0022】本発明は、前記従来の問題点を改善するべくなされたもので、バッファタンクの容量を大きくしたり、圧力を高めることなく、且つ、システムの安全を損なうことなく、コンプレッサの停止による効率低下を防止することを課題とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明は、低圧のヘリウムガスを加圧するためのコンプレッサと、該コンプレッサにより加圧されたヘリウムガスを液体ヘリウム温度まで冷却するための冷凍機と、該冷凍機により軽客されたヘリウムガスをミスト化して、被冷却物を冷却するためのクライオスタットに供給するジュール・トムソン弁と、前記クライオスタットに貯液され、被冷却物との熱交換によって暖められたヘリウムガスを再び前記冷凍機に戻すためのリターン弁と、予冷時に該リターン弁及び冷凍機をバスパスして、ヘリウムガスを前記コンプレッサに戻すための、予冷終了後は閉じられる予冷弁と、液化により減少したヘリウムガスを補給し、過剰となったヘリウムガスを回収するためのバッファタンクとを備えたヘリウム液化装置において、該バッファタンクの圧力が低下した時は、前記クライオスタット内のヘリウムガスの一部を、前記リターン弁及び冷凍機を介することな

く、前記コンプレッサに直接戻すようにして、前記課題を解決したものである。

【0024】又、同様のヘリウム液化装置において、前記バッファタンクの圧力が低下した時に、前記予冷弁をバイパスして前記クライオスタット内のヘリウムガスを前記コンプレッサに戻すためのバイパス弁を設けることにより、同じく前記課題を解決したものである。

【0025】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0026】本実施形態は、図1に示した従来と同様のヘリウム液化装置において、図6に示す如く、バッファタンク40内の圧力を検出する圧力計60と、該圧力計60により検出されるバッファタンク40内の圧力が低下した時に、予冷弁38をバイパスして、クライオスタット30内のヘリウムガスを、RT弁36及び冷凍機22を介すことなく、コンプレッサ12に直接戻すためのバイパス弁62を設けたものである。

【0027】以下、本実施形態の作用を説明する。

【0028】ヘリウムガスが液化されて戻りガスの量が減り、圧力計60によって検出されるバッファタンク40の圧力が、ある許容値、例えば1.8kgf/cm²G以下になると、バイパス弁62が開かれ、予冷状態になる。従って、JT弁28から放出されるガス（液）の量が同じであるとすると、バイパス弁62側へのガス流量が増えるため、冷凍機22への戻りガスが減り、冷凍機22があまり冷却されなくなるため、その液化効率が低下する。すると、クライオスタット30に溜まりかけたヘリウムが蒸発して、バッファタンク40に回収される。これにより、バッファタンク40の圧力が許容値以上になると、再びバイパス弁62が閉じて、液化が始まるといった平衡状態が維持できる。

【0029】従って、バッファタンク40の圧力が減らないので、コンプレッサ12自体のインターロック（例えば停電）が発生しない限り、コンプレッサ12の停止や、これに伴う冷凍機システムの再立ち上げといった手間を防ぐことができる。

【0030】本実施形態における、予冷時、液化時のバッファタンク圧正常時及び低下時の、予冷弁38、RT弁36及びバイパス弁62の開閉状態を図7に示す。

【0031】このようにして、何らかの要因によるバッファタンク40の圧力低下により、コンプレッサ12が停止してしまうことを防ぐことができ、且つ、その瞬間（例えば夜中）にその場に居合わせず、事象発見後でも、十分対処が可能となる。

【0032】本実施形態においては、予冷弁38と並列にバイパス弁62を設けているので、本発明による制御が簡略である。なお、バイパス弁62を設けることなく、予冷弁38自体を自動制御弁に変え、前記圧力計60の出力により該予冷弁38自体を電気的に開閉制御す

るよう構成することも可能である。この場合には、別体のバイパス弁を設ける必要がないので、構成が簡略である。

【0033】

【発明の効果】本発明によれば、バッファタンクの圧力が低下すると、冷凍機の能力が低下し、低圧ラインの圧力が上昇するため、バッファタンクの圧力が元に戻る。従って、バッファタンクの圧力低下によるコンプレッサの停止を防ぐことができ、安全性を確保しつつ、コンプレッサの突然の停止による面倒な復旧作業や、コンプレッサの突然の停止を防ぐためのバッファタンク圧力の監視が不要となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のヘリウム液化装置の全体構成を示す管路図

【図2】前記ヘリウム液化装置の冷凍機の構成を示す管路図

【図3】同じくクライオスタットの構成を示す断面図

【図4】同じく予冷弁及びリターン弁の開閉状態を示す図表

【図5】同じく液化時の被冷却物温度の変化状態の例を示す線図

示す線図

【図6】本発明に係るヘリウム液化装置の実施形態の構成を示す管路図

【図7】同じく予冷弁、リターン弁及びバイパス弁の開閉状態を示す図表

【符号の説明】

1 0…低圧ライン

1 2…コンプレッサ

2 0…高圧ライン

2 2…冷凍機

2 8…ジュール・トムソン弁 (JT弁)

3 0…クライオスタット

3 4…貯液部

3 6…リターン弁 (RT弁)

3 8…予冷弁

4 0…バッファタンク (中圧タンク)

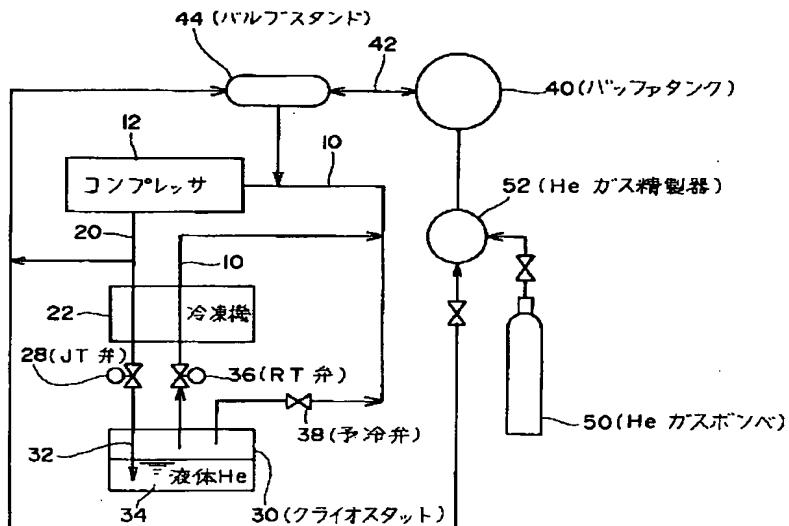
4 2…中圧ライン

4 4…バルブスタンド

6 0…圧力計

6 2…バイパス弁

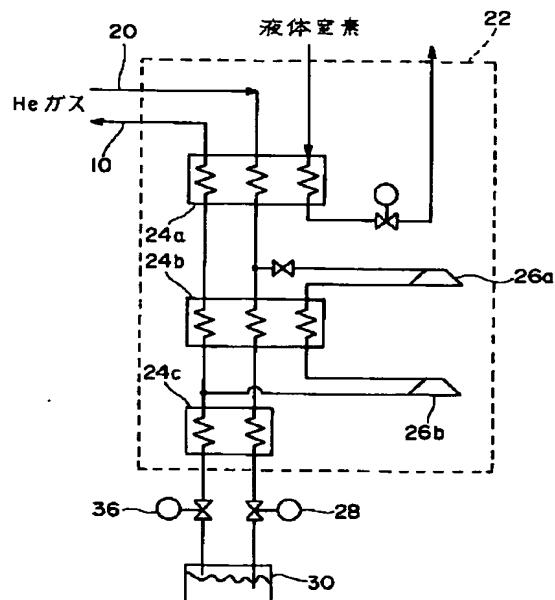
【図1】



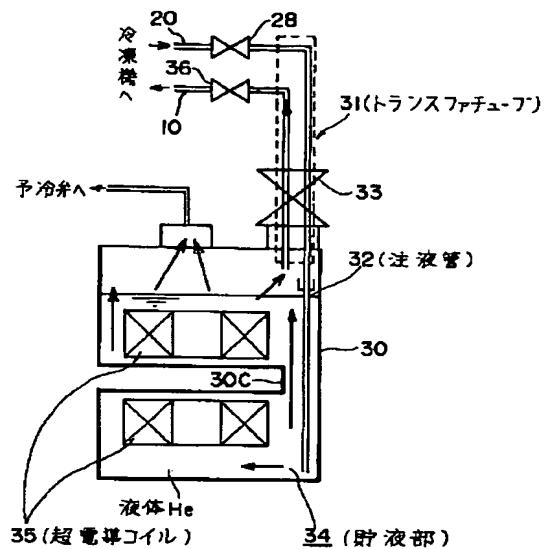
【図4】

	予冷弁	リターン(RT)弁
予冷時	開放 (全流量の80%程度)	開放 (全流量の20%程度)
液化時	閉 (約%が使えてたま)	閉 (全流量の90%以上)

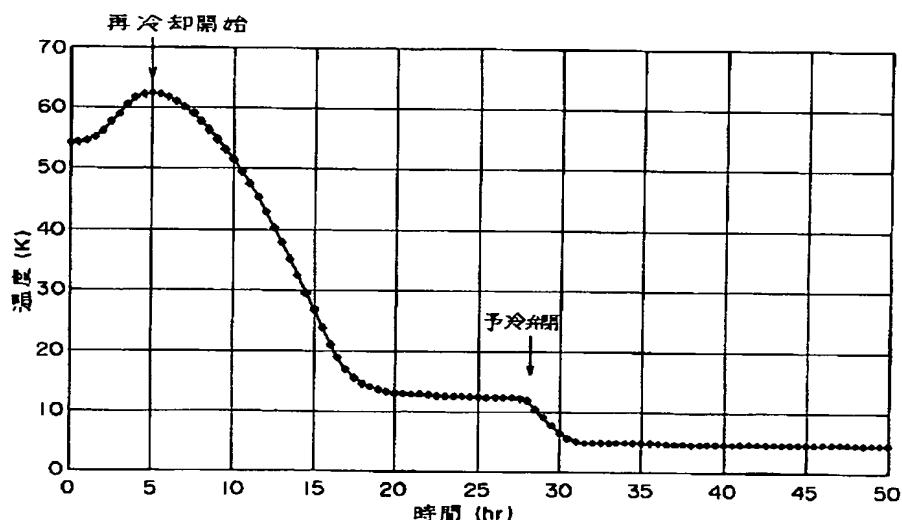
【図2】



【図3】



【図5】



【図7】

		予冷弁	リタン(RT)弁	バイパス弁
予冷時		開放 (全流量の80%程度)	開放 (全流量の20%程度)	閉
液化時	タンク圧正着時	閉	閉	閉
	タンク圧低下時	閉	閉	閉

【図6】

